Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 17, No.1, 2025, p. 21-33

Impact of Milk Enrichment with Manganese Supplement in Organic and Inorganic Forms on Performance, Biochemical, Antioxidant Parameters and Feeding Behavior of Suckling Calves

Ayda Teymouri[1], Abdolhakim Toghdory[2]*, Taghi Ghoorchi[3], Mohammad Asadi[4]

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Graduated, Assistant Professor, Professor, and Ph.D. Graduated, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran, respectively
*Corresponding Author's Email: toghdory@gau.ac.ir

Received: 07-10-2024 Revised: 08-12-2024 Accepted: 11-12-2024 Available Online: 23-04-2025	**How to cite this article:** Teymouri, A., Toghdory, A., Ghoorchi, T., & Asadi, M. (2025). Impact of milk enrichment with manganese supplement in organic and inorganic forms on performance, biochemical, antioxidant parameters and feeding behavior of suckling calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *17*(1),21-33. (in Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89957.1216

Introduction: Newborn calves have special needs to accelerate their growth performance and improve their immune systems. Minerals are one of the most important metabolic improvers that can help the health of calves at overnutrition levels. Manganese is a necessary trace mineral that is a key ingredient in the metabolism of carbohydrates, lipids and, proteins, as well as playing an important role as a cofactor in the activity of several enzyme systems such as superoxide dismutase (MnSOD) activity, bone development (mucopolysaccharide synthesis) and blood cell regeneration. Manganese plays several important roles in the immune system, including its involvement in antioxidant pathways, its contribution to phagocytic activity, and its role in maintaining the structural integrity of epithelial barriers against infections. Manganese can be supplemented in both inorganic and organic forms, each with differing levels of bioavailability and absorption. Therefore, this study was conducted to investigate the impact of milk enrichment with manganese supplements, in both organic and inorganic forms, on the performance, biochemical and antioxidant parameters, and feeding behavior of suckling calves.

Materials and Methods: 24 newborn calves were randomly divided into 3 groups with 8 replications. Experimental treatments include: 1) control group (without manganese supplementation), 2) Adding mineral manganese supplement to milk consumption and 3) Adding organic manganese supplements to milk consumption. The amount of manganese used in the milk of each calf was 30 mg per day. Manganese is dissolved in milk and consumed by calves. Calves were milked twice in the morning and evening and had free access to water and starter feed during the day. The length of the trial period was 63 days. Calves were weighed every 21 days. The amount of feed consumed and post-feed was recorded daily. To measure blood metabolites including biochemical parameters, concentration of blood elements, antioxidant status and activity of liver enzymes, blood samples were taken from calf vein on day 60. Finally, during the 61st to 63rd days of the experimental period, nutritional behaviors were

http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89957.1216

measured for a duration of 48 hours. Data analysis was done using SAS statistical software version 9/1 (2004) and comparisons of means were done with Tukey's test at a significance level of 5 percent.

Results and Discussion: The obtained results showed that the calves fed with milk enriched with manganese in organic and inorganic forms compared to the calves of the control group, a significant improvement in final weight, period weight gain, daily weight gain and dry matter consumption was observed. The use of organic and inorganic forms of manganese in the feeding of suckling calves did not have a significant effect on the feed conversion ratio of the calves. There was no significant effect on the amount of iron, zinc, copper, calcium and phosphorus of different treatments. The amount of plasma manganese in the treatment using organic manganese was associated with a significant increase compared to the treatment using inorganic manganese and the control treatment. The use of organic and mineral sources of manganese in the feeding of calves had no significant effect on triglyceride, cholesterol, urea, globulin and the ratio of albumin to globulin in the blood of calves. Organic and mineral sources of manganese increased the amount of glucose, total protein and albumin in the blood, so that the most significant increase was seen in the treatment of organic manganese users. Inorganic and organic forms of manganese did not cause significant changes in the amount of malondialdehyde, aspartate aminotransferase, and alkaline phosphatase in the blood of supplement consuming groups. In treatments using manganese, there was a significant decrease in total antioxidant status and a significant increase in the amount of catalase, superoxide dismutase, and alanine aminotransferase. The use of manganese supplement in organic and inorganic forms had no effect on the nutritional behaviors of calves such as milking, feeding, rumination, jaw rest, drinking water, unusual behavior, standing and lying down.

Conclusion: Enriching milk with manganese supplement in organic and inorganic forms improved performance, weight gain, dry matter intake, total antioxidant status, and catalase and alanine aminotransferase and biochemical status in groups consuming milk containing manganese. Based on the results of this study, it is recommended to supplement the milk of newborn calves with 30 mg of organic manganese. Organic manganese showed improved effects on key parameters, including plasma manganese concentration, glucose levels, total protein, and superoxide dismutase (SOD) activity.

Keywords: Antioxidant status, Blood parameters, Manganese, Performance, Suckling calves

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، ص. ۳۳-۲۱

تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز به شکل‌های آلی و معدنی بر عملکرد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی و رفتار مصرف گوساله‌های شیرخوار

آیدا تیموری[۱]، عبدالحکیم توغدری[۲]*، تقی قورچی[۳]، محمد اسدی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۱

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر غنی‌سازی شیر با منگنز به شکل‌های آلی و معدنی بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی و رفتار مصرف گوساله‌های شیرخوار، با استفاده از ۲۴ رأس گوساله تازه به‌دنیاآمده به‌مدت ۶۳ روز در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و هشت تکرار انجام شد. گوساله‌های شاهد با شیر بدون مکمل منگنز تغذیه شدند. گوساله‌های سایر گروه‌ها به‌ترتیب با شیر غنی‌شده با ۳۰ میلی‌گرم از مکمل منگنز معدنی و آلی (به‌ازای هر رأس گوساله در روز) تغذیه شدند. نتایج نشان داد که تیمارهای دریافت‌کننده منگنز آلی و معدنی، افزایش معنی‌داری در وزن نهایی، افزایش وزن روزانه، افزایش وزن دوره و ماده خشک مصرفی نسبت به شاهد داشتند. همچنین غلظت منگنز پلاسما، گلوکز، پروتئین کل و آلبومین در گروه دریافت‌کننده منگنز آلی نسبت به سایر گروه‌ها بیشترین افزایش را داشت. در رابطه با فراسنجه‌های آنتی‌اکسیدانی و آنزیم‌های کبدی نیز، در گروه‌های دریافت‌کننده منگنز به شکل‌های معدنی و آلی در وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، کاتالاز و آلانین ترانس آمیناز بهبود مشاهده شد و فعالیت سوپراکسیددیسموتاز در گروه دریافت‌کننده منگنز آلی با افزایش همراه بود. استفاده از منگنز به شکل‌های آلی و معدنی در تغذیه گوساله شیرخوار می‌تواند اثرات سودمندی بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی دام داشته باشد، امّا به‌طور کلی، با توجه به نتایج حاضر، افزودن ۳۰ میلی‌گرم منگنز آلی به شیر گوساله‌ها توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، فراسنجه‌های خونی، گوساله شیرخوار، منگنز، وضعیت آنتی‌اکسیدانی

مقدمه

کمتر از ۰/۰۱ درصد وزن بدن دام‌ها از مواد معدنی کم‌مصرف تشکیل شده است، امّا وظایف و نقش آن‌ها در بدن بسیار حیاتی است (Asadi *et al.*, 2022). گوساله‌های تازه متولدشده به‌دلیل احتیاجات ویژه‌ای که جهت بهبود و تسریع رشد، تکمیل سیستم ایمنی خود دارند، و همچنین به‌علت اینکه گوساله‌های شیرخوار در مقایسه با گاوهای بزرگسال بیشتر دچار کمبود مواد معدنی شده و ظرفیت کمی برای ذخیره دارند و به‌هنگام کمبود، دسترسی به ذخایر موجود در بدن ندارند (Kasiani *et al.*, 2020)، بنابراین باید از شیر یا خوراک مکمل‌شده از مواد معدنی مورد نیاز تغذیه شوند. منگنز از جمله عناصر معدنی کم‌مصرف است که به‌عنوان جزئی از متالوآنزیم‌های مختلف و یک کوفاکتور برای بسیاری از آنزیم‌ها، در متابولیسم لیپید، کربوهیدرات و پروتئین نقش دارد (Gresakova *et al.*, 2016). علاوه‌براین، نقش مهمی در محافظت از سلول‌ها در برابر آسیب اکسیداتیو، تشکیل کلاژن و استخوان و سیستم‌های تولیدمثل و ایمنی ایفا می‌کند (Spears, 2019). منگنز با ساخت غضروف جهت تشکیل صفحات استخوانی، به‌طور مستقیم رشد استخوان‌های بلند را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Moazeni Zadeh *et al.*, 2023). همچنین با حضور در آنزیم منگنز-سوپراکسیددیسموتاز موجود در ماتریکس میتوکندری باعث تبدیل رادیکال‌های سوپراکسید به هیدروژن پراکسید و متعاقباً تشکیل سد آنتی‌اکسیدانی می‌گردد. کمبود منگنز می‌تواند موجب اختلال در رشد و ناهنجاری‌های اسکلتی شود (McDowell, 2005).

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و دانش‌آموخته دکتری گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: toghdory@gau.ac.ir)
http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89957.1216

منگنز مورد استفاده در تغذیه دام، به دو شکل معدنی و آلی است. وجود بار الکتریکی منفی در نمک‌های معدنی مانند منگنز سولفات و منگنز اکسید باعث رقابت در جذب این عناصر در دستگاه گوارش و در نتیجه کاهش قابلیت دسترسی آن‌ها می‌گردد (Toghdory *et al.*, 2023). شکل آلی مواد معدنی، قابلیت دسترسی بهتری در دستگاه گوارش دارد و می‌تواند اثرات مثبتی بر دام بگذارد (Siciliano *et al.*, 2008). پایداری بالقوه بالاتر کمپلکس منگنز–اسید آمینه در دستگاه گوارش و محافظت از تشکیل کمپلکس با سایر اجزاء رژیم غذایی ممکن است منجر به جذب بهتر منگنز و در نتیجه، رسوب بالاتر آن در بافت‌های حیوانی شود (Gresakova *et al.*, 2016). در مطالعات متعددی گزارش شده است که شکل آلی مواد معدنی نسبت به شکل معدنی آن‌ها باعث بهبود رشد، عملکرد و جذب عناصر و همچنین کاهش دفع عناصر از بدن می‌گردد (Meng *et al.*, 2021 ; Henry *et al.*, 1992). در مطالعه‌ای، استفاده از منگنز آلی سبب افزایش منگنز پلاسما، پروتئین کل، گلوکز، و سوپراکسیددیسموتاز در میش‌های مادر و بره‌های آن‌ها شد (Toghdory *et al.*, 2023). در پژوهش دیگری، استفاده از منگنز معدنی به همراه عناصر روی، مس و آهن در تغذیه گوساله‌های شیرخوار سبب بهبود استخوان‌سازی، فراسنجه‌های بیوشیمیایی، هورمونی، آنزیمی و سوخت‌وساز پایه سلول‌ها شد (Moazeni Zadeh *et al.*, 2023). از طرفی دیگر، جایگزینی شکل آلی عناصر منگنز، روی، مس و سلنیوم با شکل معدنی آن‌ها باعث افزایش منگنز سرم خون شد و تأثیر مثبت در رشد و بازدهی مصرف خوراک آغازین گوساله‌ها داشت (Kasiani *et al.*, 2020).

با توجه به اینکه تاکنون مطالعات و آزمایشات معدودی در مورد تأثیر منگنز به شکل‌های معدنی و آلی در تغذیه گوساله‌ها انجام شده است، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز به شکل‌های آلی و معدنی بر عملکرد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی و رفتار مصرف گوساله‌های شیرخوار صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش، در واحد دامپروری صنعتی دام نمونه زروان واقع در شهر گرگان به‌مدت ۶۳ روز انجام گردید. در این پژوهش، از تعداد ۲۴ رأس گوساله تازه متولدشده نژاد هلشتاین، در سه تیمار با هشت تکرار بر پایه طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. گوساله‌ها پس از تولد به‌مدت پنج روز تحت مراقبت‌های ویژه بهداشتی و دریافت آغوز قرار گرفتند و سپس وارد طرح آزمایشی شدند. گوساله‌های شاهد با شیر بدون مکمل منگنز تغذیه شدند. گوساله‌های سایر گروه‌ها به‌ترتیب با شیر غنی‌شده با ۳۰ میلی‌گرم از مکمل منگنز معدنی و آلی (به‌ازای هر رأس گوساله در روز) تغذیه شدند. مکمل معدنی منگنز به‌شکل منگنز سولفات (Manganese sulfate) از شرکت کیمیا رشد واقع در استان گلستان و مکمل آلی منگنز به‌شکل منگنز کیلات‌شده با اسید آمینه (Amino Mn) از شرکت توسعه مکمل فناور آریانا واقع در شهر مشهد تهیه شدند. برای اندازه‌گیری غلظت منگنز شیر، ۱۰ نمونه ۱۵–۲۰ میلی‌لیتری تهیه شد و از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی شعله‌ای مدل (Shimadzu-AA-670) با طول موج ۲۷۹/۵ نانومتر استفاده شد. غلظت منگنز شیر ۰/۳–۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شد. گوساله‌ها در طول دوره به‌صورت روزانه به‌مقدار ۱۰ درصد وزن بدن، در دو نوبت هفت صبح و هفت عصر شیر دریافت کردند؛ پیش از تغذیه شیر، مکمل‌های منگنز مربوط به هر تیمار در شیر کاملاً حل شد و به گوساله‌ها تغذیه شد. جیره آغازین مورد استفاده و مواد مغذی در جدول ۱ آمده است. گوساله‌ها در طول آزمایش به‌طور آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند.

تغییرات وزنی

به‌منظور بررسی فاکتورهای عملکردی و بررسی تغییرات وزنی روزانه و کل، گوساله‌ها هر ۲۱ روز وزن‌کشی شدند، خوراک روزانه به‌صورت کاملاً مخلوط به دام‌ها عرضه شده و باقی‌مانده خوراک برای هر دام در هرروز توزین و ثبت می‌شد. خوراک مصرفی هر دام نیز از تفاوت جیره ارائه شده و باقی‌مانده خوراک هر دام محاسبه گردید. همچنین افزایش مقدار خوراک ارائه‌شده به دام‌ها بر اساس باقی‌مانده خوراک هر دام در روز بعد مشخص شد، به‌طوری‌که اگر دام در سه روز متوالی پس‌آخور کمتر از ۱۰ درصد باقی گذاشت، خوراک دام افزایش یافت (Asadi *et al.*, 2019). برای محاسبه تغییرات وزن، وزن‌کشی دام‌ها به‌صورت هفتگی، پس از ۱۶ ساعت گرسنگی با استفاده از ترازوی دیجیتال صورت گرفت.

مصرف ماده خشک با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد:

معادله (۱)

۸۸٪ × خوراک آغازین مصرفی + ۱۲٪ × مصرف شیر = مصرف ماده خشک

فراسنجه‌های خونی

جهت بررسی تغییرات فراسنجه‌های خونی تیمارها، در روز پایانی پژوهش از شش رأس گوساله در هر تیمار، از سیاهرگ وداج گوساله‌ها با استفاده از لوله‌های ونوجکت خون‌گیری انجام شد و بلافاصله نمونه‌ها به‌منظور جداسازی سرم از پلاسما، در ۳۰۰۰ دور به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و تا روز آزمایش در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

جدول ۱– اجزاء جیره و مواد مغذی و انرژی جیره آغازین

Table 1- Feed ingridient and nutrients and energy of the starter diet

اجزاء مواد خوراکی Feed ingredient	مقدار Amount
ذرت (درصد) Corn (%)	40.00
جو (درصد) Barley (%)	12.50
کنجاله سویا (درصد) Soybean meal (%)	35.00
تفاله چغندر قند (درصد) Sugar beet pulp (%)	5.00
سبوس گندم (درصد) Wheat bran (%)	5.00
مکمل معدنی (درصد)[۱] Mineral supplement[1] (%)	0.30
مکمل ویتامینی[۲] (درصد) Vitamin supplement[2] (%)	0.30
سنگ آهک (درصد) Limestone (%)	0.80
نمک (درصد) Salt (%)	0.50
جوش شیرین (درصد) Bicarbonate (%)	0.50
مخمر (درصد) Yeast (%)	0.05
پودر چربی (درصد) Fat powder (%)	0.05
مواد مغذی و انرژی Nutrients and energy	
ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	90.00
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم) Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	2.51
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	18.32
چربی خام (درصد) Crude fat (%)	3.54
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	20.74
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	9.80
خاکستر (درصد) Ash (%)	7.30
کلسیم (درصد) Calcium (%)	1.42
فسفر (درصد) Phosphorus (%)	0.71

[۱] مکمل معدنی: ۱۹۵ گرم کلسیم، ۹۰ گرم فسفر، ۲۰ گرم منیزیم، ۳ گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۰۰ میلی‌گرم ید، ۴۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان‌ها، ۱۰ میلی‌گرم سلنیت سدیم در هر کیلوگرم مکمل

[۲] مکمل ویتامینی: ویتامین A ۱۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین D_3 ۲۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین E ۳۰۰۰ واحد بین‌المللی در هر کیلوگرم مکمل

[1] Mineral supplement: 195 g calcium; 90 g phosphorus; 20 g magnesium; 3 g Zinc; 3 g iron; 280 mg copper; 100 mg cobalt; 100 mg iodine; 400 mg antioxidants; 10 mg sodium selenite per kg supplement

[2] Vitamin A 1000000 IU, Vitamin D3 250000 IU,Vitamin E 3000 IU per kg supplement

فراسنجه‌های بیوشیمیایی (گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، اوره و پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین) نمونه‌های مورد مطالعه توسط کیت شرکت پارس آزمون به‌روش فتومتریک اندازه‌گیری شد و عناصر معدنی سرم خون (منگنز، آهن، روی، کلسیم، فسفر و مس) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و کیت‌های خودکار شرکت پارس آزمون تعیین شدند. مقدار آنتی‌اکسیدانی کل، کاتالاز، مالون‌دی‌آلدئید و سوپراکسید دیسموتاز، در پلاسمای خون اندازه‌گیری شد.

رفتار مصرف خوراک

طی روزهای ۶۲ و ۶۳ دوره آزمایش، رفتار مصرف خوراک به‌صورت ثبت فعالیت برای طول مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد. زمان صرف‌شده برای فعالیت‌های خوردن، استراحت و نشخوار کردن به‌فاصله هر پنج دقیقه به‌صورت چشمی و با فرض اینکه آن فعالیت در پنج دقیقه گذشته نیز ادامه داشته است برای تمام دام‌ها در طی ساعات شبانه‌روز ثبت گردید (Webster and Saville, 1982).

تجزیه‌وتحلیل آماری

برای تجزیه‌وتحلیل دادها از مدل آماری زیر استفاده شد:

معادله (۲) $Yij = \mu + Ti + eij$

که در آن، Y_{ij}: مقدار مشاهده، μ: اثر میانگین، T_i: اثر تیمار و e_{ij}: اثر خطای آزمایشی است. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز به شکل‌های آلی و معدنی بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار در جدول ۲ نشان داده شده است. استفاده از شکل‌های آلی و معدنی منگنز در تغذیه گوساله‌ها، تأثیر معنی‌داری بر ضریب تبدیل غذایی گوساله‌ها نداشت (P>۰/۰۵). در گوساله‌های تغذیه‌شده با شیر غنی‌شده با منگنز آلی و معدنی نسبت به گوساله‌های گروه شاهد، بهبود معنی‌داری در وزن نهایی، افزایش وزن دوره، افزایش وزن روزانه، مصرف کل ماده خشک، مصرف ماده خشک آغازین و مصرف ماده خشک شیر مشاهده شد (P<۰/۰۵). در پژوهشی، جایگزینی منابع آلی با منابع غیرآلی مواد معدنی منگنز، روی، مس و سلنیوم تأثیر معنی‌داری بر کل ماده خشک مصرفی، وزن در هنگام شیرگیری، میانگین افزایش وزن روزانه و بازدهی خوراک گوساله‌ها داشت (Kasiani et al., 2020). ایوان و هیدیراوغلو (Ivan and Hidiroglou, 1980) گزارش کردند که سطوح مختلف منگنز تأثیری افزایش وزن گوسفندان نداشت، بااین‌حال استفاده از مکمل‌های معدنی حاوی منگنز تغییری در میانگین افزایش وزن روزانه گوساله‌ها ایجاد نکرد (George et al., 1997). در پژوهشی، وزن نهایی، افزایش وزن روزانه، میانگین مصرف خوراک روزانه و ضریب تبدیل خوراک گوساله‌های دریافت‌کننده شکل معدنی عناصر منگنز، روی، مس و آهن تغییر معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نداشت (Moazeni Zadeh et al., 2023). همچنین تغذیه مکمل معدنی عناصر مس، روی و منگنز در گوساله‌ها تأثیر معنی‌داری بر وزن بدن، افزایش وزن روزانه و مصرف ماده خشک روزانه نداشت (Ryan et al., 2015). استفاده از سه سطح کم، متوسط و زیاد مکمل منگنز، ید و مس در جیره گاومیش‌ها ابتدا باعث افزایش وزن و سپس کاهش وزن در تیمارهای استفاده‌کننده از مکمل شد و گروه مصرف‌کننده سطح متوسط بیشترین افزایش وزن را نسبت به گروه شاهد داشت، امّا در رابطه با مصرف خوراک تغییری مشاهده نشد (Lu et al., 2023). استفاده از منگنز در تغذیه گوساله‌ها باعث افزایش اشتها، مصرف خوراک و به دنبال آن بهبود در عملکرد گوساله‌ها شده است. نتایج مختلف می‌تواند به‌دلیل نوع گونه، شکل و سطح مکمل منگنز، سن حیوان و توسعه دستگاه گوارش حیوان باشد.

نتایج مربوط به تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز به شکل‌های آلی و معدنی بر غلظت عناصر خون گوساله‌های شیرخوار در جدول ۳ نشان داده شده است. استفاده از اشکال مختلف منگنز تأثیر معنی‌داری بر مقدار آهن، روی، مس، کلسیم و فسفر تیمارهای مختلف نداشت (P>۰/۰۵). مقدار منگنز پلاسما در تیمار مصرف‌کننده منگنز آلی، با افزایش معنی‌داری همراه بود (P<۰/۰۵). برخلاف نتایج مطالعه حاضر، مکمل معدنی مس، آهن، روی و منگنز باعث افزایش معنی‌دار غلظت منگنز خون گوساله‌های شیرخوار نشد (Moazeni Zadeh et al., 2023). تجویز خوراکی منگنز به گاوهای شیری نیز باعث افزایش سطح پلاسمایی منگنز شد (Sansom et al., 1978). در مطالعه غلامی و همکاران (Gholami et al., 2021)، افزودن مکمل منگنز با شکل‌های آلی و معدنی سبب افزایش معنی‌داری در غلظت منگنز پلاسمای خون نسبت به گاوهای گروه شاهد نشد. در جایگزینی شکل غیرآلی با شکل آلی منگنز، روی، مس و سلنیوم در گوساله‌های شیرخوار، تنها افزایش معنی‌داری در سطح منگنز خون گوساله‌های تغذیه‌شده با منگنز آلی مشاهده شد (Kasiani et al., 2020). همچنین، گزارش شده است که شکل آلی منگنز نسبت به شکل اکسیده و سولفاته آن، قابلیت جذب بهتری در دستگاه گوارش دارد (Henry et al., 1992). سازوکار جذب منگنز از طریق جذب بین سلولی غیراشباع است (Goff, 2017).

جدول ۲- تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار

Table 2- The effect of milk enrichment with manganese supplement on the performance of suckling calves

متغیر Variable	تیمارهای آزمایشی Exprimental treatments			SEM[1]	*P*-value
	شاهد Control	منگنز معدنی Inorganic maganese	منگنز آلی Organic manganese		
وزن تولد (کیلوگرم) Born weight (kg)	34.12	35.08	34.89	2.001	0.4766
وزن نهایی (کیلوگرم) Final weight (kg)	62.79[b]	66.73[a]	67.49[a]	2.692	0.0011
افزایش وزن کل دوره (کیلوگرم) Total weight gain (kg)	28.67[b]	31.65[a]	32.60[a]	1.877	0.0469
افزایش وزن روزانه (گرم) Daily gain (g/d)	455.07[b]	502.38[a]	517.46[a]	29.844	0.0218
ماده خشک مصرفی شیر (گرم/روز) Starter dry matter intake (g/d)	146.46[b]	157.35[a]	161.11[a]	11.433	0.0627
ماده خشک مصرفی آغازین (گرم/روز) Milk dry matter intake (g/d)	1074.06[b]	1153.89[a]	1181.44[a]	47.914	0.0011
کل ماده خشک مصرفی (گرم/روز) Total Dry matter intake (g/d)	1220.52[b]	1311.24[a]	1342.55[a]	91.367	0.0001
ضریب تبدیل غذایی دوره Feed conversion rate	2.68	2.61	2.59	0.464	0.1501

در هر ردیف میانگین‌های با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P< ۰/۰۵).

[۱] خطای استاندارد تیمارها

[a, b, c] Means with different superscripts within a row differ ($P \leq 0.05$).

[1] Standard eror of treatments

جدول ۳- تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز بر غلظت عناصر خون گوساله‌های شیرخوار

Table 3- The effect of milk enrichment with manganese supplement on Concentration of blood elements of suckling calves

عناصر Elements	تیمارهای آزمایشی Exprimental treatments			SEM[1]	*P*-value
	شاهد Control	منگنز معدنی Inorganic maganese	منگنز آلی Organic manganese		
منگنز (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Manganese (mg/dL)	0.87[b]	0.92[b]	1.12[a]	0.0177	0.0001
آهن (میکروگرم/دسی‌لیتر) Iron (µg/dL)	1.76	1.81	1.79	0.543	0.7633
روی (میکروگرم/دسی‌لیتر) Zinc (µg/dL)	1.72	1.81	1.78	0.145	0.4359
کلسیم (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Calcium (mg/dL)	3.01	3.18	3.12	0.167	0.6798
فسفر (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Phosphorus (mg/dL)	1.82	1.76	1.89	0.191	0.3112
مس (میکروگرم/دسی‌لیتر) Copper (µg/dL)	0.78	0.72	0.82	0.107	0.3456

در هر ردیف میانگین‌های با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P< ۰/۰۵).

[۱] خطای استاندارد تیمارها

[a, b, c] Means with different superscripts within a row differ ($P \leq 0.05$).

[1] Standard eror of treatments

شکل معدنی منگنز دارای بار الکتریکی مثبت است که باعث ایجاد رقابت با کاتیون‌های دیگر در جایگاه جذب جهت عبور از لایه مخاطی روده کوچک شده و میزان جذب منگنز را کاهش می‌دهد؛ این در حالی است که شکل آلی منگنز فاقد بار الکتریکی بوده و هنگام جذب هیچ‌گونه تداخل و رقابتی با سایر کاتیون‌ها ایجاد نمی‌نماید و به‌سرعت از دیواره روده عبور و به‌صورت مطلوب به‌وسیله دام جذب و مورد استفاده قرار می‌گیرد (Siciliano *et al.*, 2008 ; McDowell, 2003). از سوی دیگر، شکل آلی منگنز باندشده با اسیدهای آمینه، کمتر تحت تأثیر pH و شرایط شکمبه و شیردان قرار می‌گیرد و در نهایت بهتر به مکان‌های جذب روده کوچک می‌رسند (Roshanzamir *et al.*, 2019).

نتایج مربوط به تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز به شکل‌های آلی و معدنی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون گوساله‌های شیرخوار در جدول ۴ نشان داده شده است. استفاده از منابع آلی و معدنی منگنز بر تری‌گلیسرید، کلسترول، اوره، گلوبولین و نسبت آلبومین به گلوبولین خون گوساله‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت ($P>0/05$). منابع منگنز باعث افزایش مقدار گلوکز، پروتئین کل و آلبومین در خون شد، به‌طوری‌که بیشترین افزایش معنی‌دار در تیمار مصرف‌کننده منگنز آلی دیده شد ($P<0/05$). استفاده از منگنز آلی در جیره میش‌های آبستن، سبب افزایش معنی‌داری در غلظت گلوکز، پروتئین کل، آلبومین و انسولین در میش‌ها و گلوکز و انسولین در بره‌ها شد (Toghdory *et al.*, 2023). استفاده از مکمل معدنی روی، مس، آهن و منگنز بر پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در پژوهش حاضر در گوساله‌های شیرخوار تأثیر معنی‌داری نداشت (Moazeni Zadeh *et al.*, 2023). سطوح مختلف و نوع منابع معدنی عناصر روی و مس تأثیر محسوسی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون گاوها نداشت (Roshanzamir *et al.*, 2019). مطابق با پژوهش حاضر، مکمل منگنز بر غلظت کلسترول پلاسمایی تلیسه‌های آنگوس و سیمنتال تأثیری نداشت (Hansen *et al.*, 2006). غلظت کلسترول و گلوکز در گاوهای شیری هلشتاین تحت تأثیر مکمل منگنز آلی (منگنز–گلیسین) قرار گرفت (Qashqai *et al.*, 2020). منگنز سولفات تأثیری بر سطح گلوکز پلاسمای گاوهای آنگوس نداشت (Legleiter *et al.*, 2005). شاکویر و همکاران (Shakweer *et al.*, 2010) گزارش کردند که با استفاده از منگنز، سطح پروتئین کل و آلبومین پلاسما افزایش یافته است. همچنین در گوسفند، غلظت آلبومین در گروه مصرف‌کننده منگنز–گلایسین نسبت به گروه شاهد و گروه منگنز–سولفات بیشتر بود (Makov´a *et al.*, 2019). مواد معدنی کمیاب، به‌ویژه منگنز، در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و پروتئین‌ها مهم هستند (Suttle, 2010; Kerkaert *et al.*, 2021). افزایش گلوکز پلاسما ممکن است به‌دلیل گلوکونئوژنز از طریق نقش منگنز به‌عنوان یک متالوآنزیم (Baly *et al.*, 1984) و فعال‌کننده در پیروات کربوکسیلاز (Rognstad, 1981) و فسفونول پیروات کربوکسی کیناز (Tolbert *et al.*, 1981) و همچنین بسیج گلیکوژن کبدی از طریق ترشح گلوکاگون باشد (Baly *et al.*, 1985). منگنز از طریق فعال‌سازی آنزیم‌ها بر متابولیسم پروتئین‌ها عمل می‌کند (Asadi *et al.*, 2024) افزایش سطح آلبومین نیز ممکن است به‌دلیل افزایش جذب یا سنتز آلبومین در کبد باشد (Suttle, 2010; Kerkaert *et al.*, 2021;).

نتایج مربوط به تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز به شکل‌های آلی و معدنی بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیم‌های کبدی گوساله‌های شیرخوار در جدول ۵ نشان داده شده است. شکل‌های معدنی و آلی منگنز تغییر معنی‌داری در مقدار مالون دی آلدئید، آسپارتات آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز خون گروه‌های مصرف‌کننده ایجاد نکرد ($P>0/05$). در تیمارهای مصرف‌کننده منگنز در وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل کاهش معنی‌دار و در میزان کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و آلانین آمینوترانسفراز افزایش معنی‌داری مشاهده شد ($P<0/05$). استفاده از سطوح مختلف منگنز آلی در جیره میش‌های آبستن، سبب افزایش معنی‌دار سطح سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز میش‌ها و بره‌ها شد، امّا وضعیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها تغییر معنی‌داری نداشت (Asadi *et al.*, 2024). در پژوهشی، استفاده از منابع آلی و غیرآلی منگنز، روی، مس و سلنیوم در تغذیه گوساله‌های شیرخوار، تغییر معنی‌داری در مقدار سوپراکسیددیسموتاز ایجاد نکرد (Kasiani *et al.*, 2020). در پژوهشی گزارش شد که فعالیت سوپراکسیددیسموتاز بین گاوهای گروه شاهد و گروه دریافت‌کننده مکمل حاوی مس، روی و منگنز تغییری ایجاد نکرد (Ahola *et al.*, 2005). از نظر میزان آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و وضعیت آنتی‌اکسیدانی تام تفاوت معنی‌داری بین گوساله‌های گروه شاهد و تیمارهای دریافت‌کننده مکمل معدنی حاوی آهن، روی، منگنز و مس گزارش نشد (Moazeni Zadeh *et al.*, 2023). مکمل تزریقی عناصر مس، روی، منگنز و سلنیوم بر فعالیت سوپراکسیددیسموتاز تأثیر معنی‌داری نداشت (Teixeira *et al.*, 2014). همچنین استفاده از مکمل روی، مس و منگنز به شکل‌های آلی و معدنی تفاوت معنی‌داری در مقدار سوپراکسیددیسموتاز و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل ایجاد نکرد (Gholami *et al.*, 2021). ارتباط تنگاتنگی بین وضعیت آنتی‌اکسیدانی بدن و سلامتی وجود دارد (MatÉs *et al.*, 1999). سیستم دفاعی حیوانات شامل دو سازوکار آنزیمی و غیرآنزیمی است. سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی آنزیمی شامل کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و گلوتاتیون پراسیداز، مالون‌دی‌آلدئید و همچنین وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل هستند (Masella *et al.*, 2005). سوپراکسیددیسموتاز از آنزیم‌های مهم وابسته به منگنز و سایر عناصر معدنی بوده و یک متالوآنزیم بسیار قوی است، این آنزیم

موجب تجمع اکسیژن فعال در میتوکندری شده و در عملکرد سیستم ایمنی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند (Asadi *et al.*, 2023). از طرفی، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز وابسته به منگنز (MnSOD) در چندین بافت مانند قلب و کبد بازتابی از مقدار منگنز مصرفی است (Davis *et al.*, 1990).

جدول ٤- تاثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون گوساله‌های شیرخوار

Table 4- The effect of milk enrichment with manganese supplement on blood biochemical parameters of suckling calves

فراسنجه‌های بیوشیمیایی Biochemical parameters	تیمارهای آزمایشی Exprimental treatments			SEM[1]	*P*-value
	شاهد Control	منگنز معدنی Inorganic maganese	منگنز آلی Organic manganese		
گلوکز (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Glucose (mg/dL)	69.08[b]	71.11[b]	76.08[a]	3.976	0.0001
تری‌گلیسیرید (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Triglyceride (mg/dL)	33.07	34.11	32.96	2.9511	0.5711
کلسترول (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dL)	66.12	67.08	68.19	4.0871	0.3131
اوره (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Urea (mg/dL)	8.21	7.99	8.09	0.2569	0.4778
پروتئین کل (گرم/دسی‌لیتر) Total protein (g/dL)	6.92[b]	7.11[ab]	7.49[a]	0.0978	0.0001
آلبومین (گرم/دسی‌لیتر) Albumin (g/dL)	3.96[b]	4.12[ab]	4.48[a]	0.0185	0.0011
گلوبولین (گرم/دسی‌لیتر) Globulin (g/dL)	2.96	2.99	3.01	0.2609	0.7505
آلبومین/گلوبولین Albumin:globulin	1.34	1.38	1.48	0.0667	0.3164

در هر ردیف میانگین‌های با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P< ۰/۰۵).

[۱] خطای استاندارد تیمارها

[a, b, c] Means with different superscripts within a row differ ($P \leq 0.05$).

[1] Standard eror of treatments

جیره گاوهای شیری مکمل‌شده با منگنز- متیونین روی برخی از آنزیم‌های کبدی (AST و ALT) تأثیر معنی‌دار نداشت (El Ashry *et al.*, 2012). ماکوآ و همکاران (Makov´a *et al.*, 2019) بیان کردند که تجویز خوراکی منگنز آلی و معدنی در گوسفند بر آنزیم‌های کبدی خون تأثیر نمی‌گذارد. استفاده از منگنز آلی در جیره میش، تغییری در آنزیم‌های کبدی میش‌ها و بره‌های آن‌ها ایجاد نکرد (Toghdory *et al.*, 2023). در پژوهشی، با استفاده از مکمل معدنی روی، مس، آهن و منگنز در تغذیه گوساله‌ها تنها غلظت آنزیم آلکالین فسفاتاز با افزایش معنی‌داری همراه بود (Moazeni Zadeh *et al.*, 2023). همچنین استفاده از مکمل‌های آلی و معدنی روی، مس و منگنز تأثیر معنی‌داری بر آلکالین فسفاتاز و آسپارتات آمینوترانسفراز نداشت (Gholami *et al.*, 2021). عملکرد بهتر آنزیم کبدی در استفاده از کمپلکس آلی می‌تواند به‌واسطه درجات پایین‌تری از تنش اکسیداتیو و التهاب کبدی باشد که فرآیند متابولیکی مثل گلوکونئوژنز را بالابرده و در نهایت، باعث افزایش گلوکز پلاسما شده است (Overton and Yasui, 2014).

نتایج تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز به شکل‌های معدنی و آلی بر رفتار مصرف خوراک گوساله‌های شیرخوار در جدول ۶ آمده است. مکمل منگنز به شکل‌های آلی و معدنی تأثیری بر رفتارهای تغذیه‌ای گوساله‌ها نداشت. اطلاعات محدودی در مورد تأثیر مکمل مواد معدنی بر رفتارهای تغذیه‌ای وجود دارد. در پژوهشی آمده است که سن بر مدت زمانی که گوساله‌ها دراز می‌کشند، تأثیرگذار است (McFarlane *et al.*, 1988). بین هفته ۲ و ۱۶، زمان دراز کشیدن از ۶۹/۵ به ۷۶/۶ درصد کل زمان افزایش یافت، که در تمام سنین به‌طور قابل توجهی از مدت زمان گزارش‌شده توسط سایر محققین بیشتر است (Webster and Van Putten and Elshof, 1982 ; Saville, 1982). امّا همسو با نتایج پژوهش حاضر، سانداژ و همکاران (Sandhage *et al.*, 1983) و وینترز و همکاران (Winters *et al.*, 1984) گزارش کردند که تیمارهای آزمایشی بر درصد کل زمان دراز کشیدن گوساله‌ها تأثیری نداشت.

جدول ۵- تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیم‌های کبدی گوساله‌های شیرخوار

Table 5- The effect of milk enrichment with manganese supplement on antioxidant status and liver enzymes of suckling calves

فراسنجه Parameter	تیمارهای آزمایشی Exprimental treatments شاهد Control	 منگنز معدنی Inorganic maganese	 منگنز آلی Organic manganese	SEM[1]	*P*-value
وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل (میلی‌مول/لیتر) Total antioxidant status (mmol/l)	1.14[a]	0.98[b]	0.97[b]	0.119	0.0001
کاتالاز (واحد/میلی‌گرم) Catalase (U/mg)	0.42[b]	0.54[a]	0.61[a]	0.022	0.0001
مالون دی آلدئید (نانومول/میلی‌لیتر) Malondialdehyde (nmol/ml)	1.26	1.22	1.29	0.412	0.2885
سوپراکسید دیسموتاز (واحد/میلی‌گرم) Superoxide dismutase (U/mg)	30.86[b]	31.07[b]	34.92[a]	2.796	0.0011
آسپارتات آمینوترانسفراز (واحد/لیتر) Aspartate aminotransferase (U/l)	46.59	47.09	49.22	4.798	0.7822
آلانین آمینوترانسفراز (واحد/لیتر) Alanine aminotransferase (U/l)	15.82[b]	17.10[a]	18.95[a]	1.561	0.0312
آلکالین فسفاتاز (واحد/لیتر) Alkaline phosphatase (U/l)	198.11	202.11	212.56	14.956	0.6682

در هر ردیف میانگین‌های با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P< ۰/۰۵).

[۱] خطای استاندارد تیمارها

[a, b, c] Means with different superscripts within a row differ (*P* ≤0.05).

[1] Standard eror of treatments

جدول ٦- تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز بر رفتار تغذیه‌ای گوساله‌های شیرخوار

Table 6- The effect of milk enrichment with manganese supplement on feeding behavior of suckling calves

رفتارهای تغذیه‌ای (دقیقه/روز) Feeding behavior (min/day)	تیمارهای آزمایشی Exprimental treatments شاهد Control	 منگنز معدنی Inorganic maganese	 منگنز آلی Organic manganese	SEM[1]	*P*-value
شیر خوردن Drinking milk	28/50	32/60	31/77	1/881	0/3311
خوراک خوردن Eating	157/12	149/86	153/33	16/302	0/2736
نشخوار Ruminantion	196/33	207/67	209/01	13/772	0/4651
جویدن Chewing	353/45	357/53	362/34	17/688	0/5751
استراحت فک Resting	1012/72	1008/02	1004/81	38/705	0/5241
آب خوردن Drinking water	18/40	17/65	19/00	2/003	0/6133
رفتار نامتعارف Abnormal behavior	26/93	24/20	22/08	0/879	0/4253
ایستادن Standing	889/60	912/00	908/80	33/625	0/3206
دراز کشیدن Lying down	550/40	528/00	531/20	28/563	0/1249

در هر ردیف میانگین‌های با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P< ۰/۰۵).

[۱] خطای استاندارد تیمارها

[a, b, c] Means with different superscripts within a row differ (*P* ≤0.05).

[1] Standard eror of treatments

نتیجه‌گیری کلی

غنی‌سازی شیر با مکمل منگنز به شکل‌های آلی و معدنی باعث بهبود عملکرد نظیر افزایش وزن کل، مصرف ماده خشک کل و بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، کاتالاز، آلانین آمینوترانسفراز و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون در گروه‌های مصرف‌کننده شیر حاوی منگنز شد. بااین‌حال، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه، افزودن ۳۰ میلی‌گرم منگنز آلی به شیر مصرفی گوساله‌های تازه به‌دنیا آمده توصیه می‌شود، زیرا تیمار حاوی منگنز آلی نسبت به تیمار حاوی منگنز معدنی سبب افزایش غلظت منگنز پلاسما، گلوکز، پروتئین کل و فعالیت سوپراکسید دیسموتاز شد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان جهت فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی و واحد دام نمونه زروان به‌واسطه در اختیار گذاشتن امکانات مزرعه‌ای پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Ahola, J. K., Sharpe, L. R., Dorton, K. L., Burns, P. D., Stanton, T. L., & Engle, T. E. (2005). Effects of lifetime copper, zinc, and manganese supplementation and source on performance, mineral status, immunity, and carcass characteristics of feedlot cattle. *The Professional Animal Scientist*, *21*(4), 305-317. https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31222-5
2. Asadi, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2024). The effect of maternal organic manganese supplementation on performance, immunological status, blood biochemical and antioxidant status of Afshari ewes and their newborn lambs in transition period. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *108*, 493–499. https://doi.org/10.1111/jpn.13909
3. Asadi, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2023). Influence of organic manganese supplementation on performance, digestibility, milk yield and composition of Afshari ewes in the transition period, and the health of their lambs. *Animal Production Research*, *12*(1), 1-12. https://doi.org/10.22124/AR.2023.23808.1752
4. Asadi, M., Toghdory, A., Hatami, M., & Ghassemi Nejad, J. (2022). Milk supplemented with organic iron improves performance, blood hematology, iron metabolism parameters, biochemical and immunological parameters in suckling Dalagh lambs. *Animals*, *12*, 510. https://doi.org/10.3390/ani12040510
5. Asadi, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., & Kargar, S. (2019). Effect of physical form of the concentrate and buffer type on the rumen and blood parameters and microbial protein synthesis in fattening Dalagh lamb. *Animal Science Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, *32*(122), 143-158. (In Persian).
6. Baly, C. L., Lonnerdal, D. L., & Keen, B. (1985). Effects of high doses of manganese on carbohydrate homeostasis. *Toxicology Letters*, *25*, 95–102. https://doi.org/10.1016/0378-4274(85)90106-7
7. Baly, D. L., Curry, D. L., Keen, C. L., & Hurley, L. S. (1984). Effect of manganese deficiency on insulin secretion and carbohydrate homeostasis in rats. *The Journal of Nutrition*, *114*, 1438–1446. https://doi.org/10.1093/jn/114.8.1438
8. Davis, C. D., Ney, D. M., & Greger, J. L. (1990). Manganese, iron and lipid interactions in rats. *The Journal of Nutrition*, *120*, 507–513. https://doi.org/10.1093/jn/120.5.507
9. El Ashry, G. M. E., Hassan, A. A. M., & Soliman, S. M. (2012). Effect of feeding a combination of zinc, manganese and copper methionine chelates of early lactation high producing dairy cow. *Food and Nutrition Sciences*, *03*, 1084–1091. https://doi.org/10.4236/fns.2012.38144
10. George, M. H., Nockels, C. F., Stanton, T. L., Johnson, B., Cole, N. A., & Brown, M. A. (1997). Effect of source and amount of zinc, copper, manganese, and cobalt fed to stressed heifers on feedlot performance and immune function. *The Professional Animal Scientist*, *13*, 84–89. https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31850-7
11. Gholami, V., Amanlou, H., Zahmatkesh, D., & Sadeghi, N. (2021). Effect of high dietary zinc, copper and manganese concentration and source on plasma progesterone and reproductive performance in repeat breeder cows. *Iranian Journal of animal Science*, *51*(4), 263-273. (In Persian). https://doi.org/10.22059/ijas.2020.305609.653786
12. Goff, J. P. (2017). Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid–base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *Journal of Animal Science*, *101*, 2763–2813. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13112
13. Gresakova, L.,Venglovska, K., & Cobanova, K. (2016). Dietary manganese source does not affect Mn, Zn and Cu tissue deposition and the activity of manganese-containing enzymes in lambs. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *38*, 138-143. http:// doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.05.003
14. Hansen, S. L., Spears, J. W., Lloyd, K. E., & Whisnant, C. S. (2006). Growth, reproductive performance, and manganese status of heifers fed varying concentrations of manganese. *Journal of Animal Science*, *84*, 3375–3380.

https://doi.org/10.2527/jas.2005-667
15. Henry, P. R., Ammerman, C. B., & Litell, R. C. (1992). Relative bioavailability of manganese from a manganese-methionine complex and inorganic sources for ruminant. *Journal of Dairy Science*, *75*, 3473-3478. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78123-5
16. Ivan, M., & Hidiroglou, M. (1980). Effect of dietary manganese on growth and manganese metabolism in sheep. *Journal of Dairy Science*, *63*, 385–390. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82944-4
17. Kasiani, A., Rezayazdi, K., & Zhandi, M. (2021). Effects of replacing inorganic forms of manganese, zinc, copper and selenium with their organic source on growth performance of suckling Holstein calves. *Journal of Ruminant Research*, *9*(1), 55-68. (In Persian). https://doi.org/10.22069/ejrr.2020.18424.1764
18. Kerkaert, H. R., Woodworth, J. C., Derouchey, J. M., Dritz, S. S., Tokach, M. D., Goodband, R. D., & Manzke, N. E. (2021) Determining the effects of manganese source and level on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Translational Animal Science*, *13*(5), txab067. https://doi.org/10.1093/tas/txab067
19. Legleiter, L. R., Spears, J. W., & Lloyd, K. E. (2005) Influence of dietary manganese on performance, lipid metabolism, and carcass composition of growing and finishing steers. *Journal of Animal Science*, *83*, 2434–2439. https://doi.org/10.2527/2005.83102434x
20. Lu, H., Wu, W., Zhao, X., Abbas, M. W., Liu, S., Hao, L., & Xue, Y. (2023). Effects of diets containing different levels of copper, manganese, and iodine on rumen fermentation, blood parameters, and growth performance of Yaks. *Animals*, *13*, 2651. https://doi.org/10.3390/ani13162651
21. Makov´a, Z., Faixov´a, Z., Tarabov´a, L., Pieˇsov´a, E., Venglovsk´a, K., ˇCobanov´a, K., Greˇs´akov´a, L., & Faix, S. (2019). Effects of different dietary manganese sources on thickness of mucus layer and selected biochemical and haematological indicators in sheep. *Acta Veterinaria Brno*, *87*, 351–356. https://doi.org/10.2754/avb201887040351
22. Masella, R., Di Benedetto, R., Varì, R., Filesi, C., & Giovannini, C. (2005). Novel mechanisms of natural antioxidant compounds in biological systems: Involvement of glutathione and glutathione-related enzymes. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *16*, 577–586. https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2005.05.013
23. MatÉs, J. M., Pérez-Gómez, C., & De Castro, I. N. (1999). Antioxidant enzymes and human diseases. *Clinical Biochemistry*, *32*, 595–603. https://doi.org/10.1016/s0009-9120(99)00075-2
24. McDowell, L. R. (2005). Minerals for grazing ruminants in tropical regions, No. Ed.4, v + 86 pp. Center for Tropical Agriculture, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.
25. McDowell, L. R. (2003). Minerals in Animal and Human Nutrition (2nd Ed.). Netherlands: Elsevier Science B. V., Amsterdam.
26. McFarlane, J. M., Morris, G. L., Curtis, S. E., Simon, J., & McGlone, J. J. (1988). Some indicators of welfare of crated veal calves on three dietary iron regimens. *Journal of Animal Science*, *66*(2), 317-325. https://doi.org/10.2527/jas1988.662317x
27. Meng, T., Gao, L., Xie, C., Xiang, Y. K., Huang, Y. Q., & Zhang, Y. W. (2021). Manganese methionine hydroxy analog chelated affects growth performance, trace element deposition and expression of related transporters of broilers. *Animal Nutrition*, *7*, 481–487. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.09.005.
28. Moazeni Zadeh, M. H., Towhidi, A., Zhandi, M., & Rezayazdi, K. (2023). Effects of supplementation of some trace minerals on growth performance, biochemical, enzymatic, antioxidant, hormonal and hematological parameters in Holstein suckling calves. *Journal of Ruminant Research*, *11*(1), 75-92. (In Persian). https://doi.org/10.22069/ejrr.2022.20590.1863
29. Overton, T. R., & Yasui T. (2014). Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *Journal of Animal Science*, *92*, 416-426. https://doi.org/10.2527/jas.2013-7145
30. Qashqai, H., Amanlou, H., Farahani, T. A., Farsuni, N. E., & Bakhtiary, M. K. (2020). Effects of supplemental manganese on ovarian cysts incidence and reproductive performance in early lactation Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*, *269*, 114660. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114660
31. Rognstad, R. (1981) Manganese effects of gluconeogenesis. *Journal of Biological Chemistry*, *256*, 1608–1610. https://doi.org/10.1016/s0021-9258(19)69849-2
32. Roshanzamir, H., Rezaei, J., & Fazaeli, H. (2023). Effect of using organic complexes of Mn, Zn and Cu (compound with glycine- or methionine-) instead of sulphate forms (equal to or twice NRC recommendation) on health, fertility and blood metabolites of dairy cows and calves. *Animal Production Research*, *8*(1), 1-15. (In Persian). https://doi.org/10.22124/ar.2019.11272.1343
33. Ryan, A. W., Kegley, E. B., Hawley, J., Powell, J. G., Hornsby, J. A., Reynolds, J. L., & Laudert, S. B. (2015). Supplemental trace minerals (zinc, copper, and manganese) as sulfates, organic amino acid complexes, or hydroxy trace-mineral sources for shipping-stressed calves. *The Professional Animal Scientist*, *31*(4), 333-341. https://doi.org/10.15232%2Fpas.2014-01383
34. Sandhage, M. E., Albright, J. L., Van Dame, L. M., & Walker, S. C. (1983). Veal calf behavior in standard wooden crates. *American Dairy Sciense Assocation*. 78th Annual Meeting University of Wisconsin, Madison. p. 48.

35. Sansom, B. F., Symonds, H. W., & Vago, M. J. (1978). The absorption of dietary manganese by dairy cows. *Research in Veterinary Science*, *24*, 366–369. https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)33049-2
36. Siciliano, J. L., Socha, M. T., Tomlinson, D. J., & Defrain, J. M. (2008). Effect of trace mineral source on lactation performance, claw integrity and fertility of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *91*(5), 1985–1995. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0779
37. Shakweer, I., Mustafa, G., Ahmed, G., & Ismail M. (2010) Effect of zinc or/and manganese methionine supplements on performance of lactating buffaloes. *Journal of Animal and Poultry Production*, *1*, 589–602. https://doi.org/10.21608/jappmu.2010.86271
38. Spears, J. W. (2019). Boron, chromium, manganese, and nickel in agricultural animal production. *Biological Trace Element Research*, *188*, 35–44. https://doi.org/10.1007/s12011-018-1529-1
39. Suttle, N. (2010). Mineral Nutrition of Livestock, 4th edition. CAB International, Wallingford, United Kingdom, p. 579.
40. Teixeira, A. G. V., Lima, F. S., Bicalho, M. L. S., Kussler, A., Lima, S. F., Felippe, M. J., & Bicalho, R. C. (2014). Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *97*(7), 4216-4226. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7625
41. Toghdory, A., Asadi, M., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2023). Impacts of organic manganese supplementation on blood mineral, biochemical, and hematology in Afshari Ewes and their newborn lambs in the transition period. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *79*, 127215. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127215
42. Tolbert, M. E. M., Kamalu, J. A., & Draper, G. D. (1981). Effects of cadmium, zinc, copper and manganese on hepatic parenchymal cell gluconeogenesis. *Journal of Environmental Science and Health Part B,* 16, 575–585. https://doi.org/10.1080/03601238109372280
43. Van Putten, G., & Elshof, W. Y. (1982). The lying behaviour of veal calves up to 220 kg. In Welfare and Husbandry of Calves (pp. 83-97). Martinus Nijhoff the Hague, Boston, London.
44. Webster, A. J. F., & Saville, C. (1982). The effect of rearing systems on the development of behaviour in calves. In Welfare and Husbandry of Calves (pp. 168-179). Martinus Nijhoff the Hague.
45. Winters, T. A., Allrich, R. D., Albright, J. L., Walker, S. C., & Sandhage, M. E. (1984). Behavior and cortisol measurement in veal calves reared under commercial conditions. *Journal of Animal Science*, *59*(Suppl. 1), 148.